

NPO法人建築設備コミッショニング協会
— BSCA10周年記念シンポジウム in 関西 —



京都駅ビル熱源改修プロジェクト のコミッショニング

平成25年 7月30日(火)
於:武庫川女子大学 甲子園会館

吉田 治典(CxPE)

NPO法人建築設備コミッショニング協会・理事長
岡山理科大学工学部建築学科・教授
京都大学・名誉教授



目次

1. 汎用スプレッドシートソフトによるデータ分析
2. BEMSデータ分析の課題
3. シミュレーションを活用したコミッショニング
4. 結語



京都駅ビルの企画段階熱源改修コミッショニング

- 既存ビル空調熱源改修プロジェクトにおいて、企画段階のコミッショニングを実施した。

― 分析段階では

- 収集されたBEMSデータを詳細かつ綿密に分析し、現システムの問題点と課題を分析・整理した。
- シミュレーションを活用し、現システムの不具合を再現することにより、それらが解消されればどの程度省エネルギーが達成されるかを推定した。
- これらに基づき、企画設計のためのOPRを作成した。

― 基本設計段階では

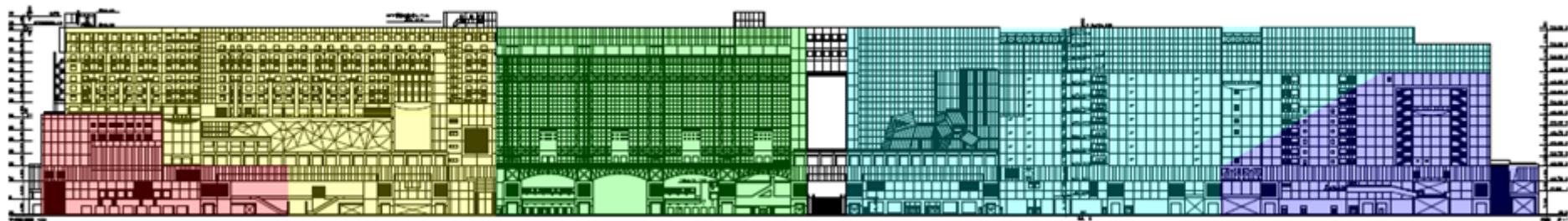
- OPRに基づき企画設計案を検証した。
- 熱源改修の基本設計段階で、企画設計者が提案する種々の熱源システムの性能をシミュレーションで見出し、設計判断の妥当性を検証した。



1. 汎用スプレッドシートソフトによるデータ分析

複合ビルCxプロジェクト： JR京都駅ビル

- 建物用途： 駅、専門店、デパート、ホテル、劇場、駐車場
- 延床面積： 235,254 m²
- 竣工 : 1997 / 7 竣工



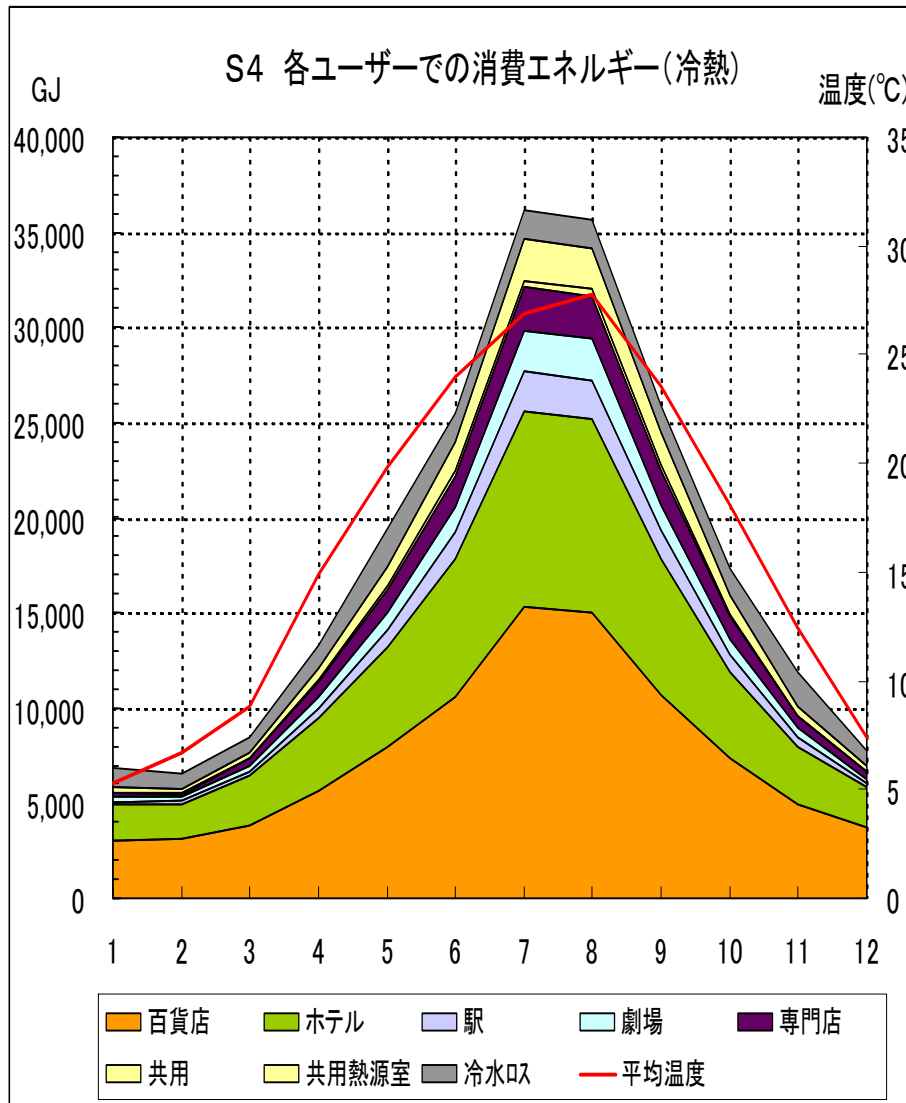
劇場

ホテル

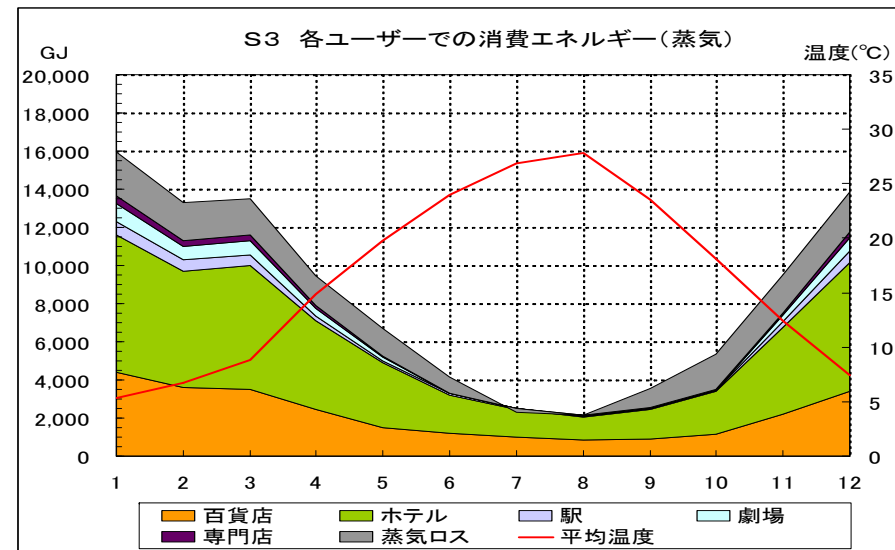
駅・専門店

デパート

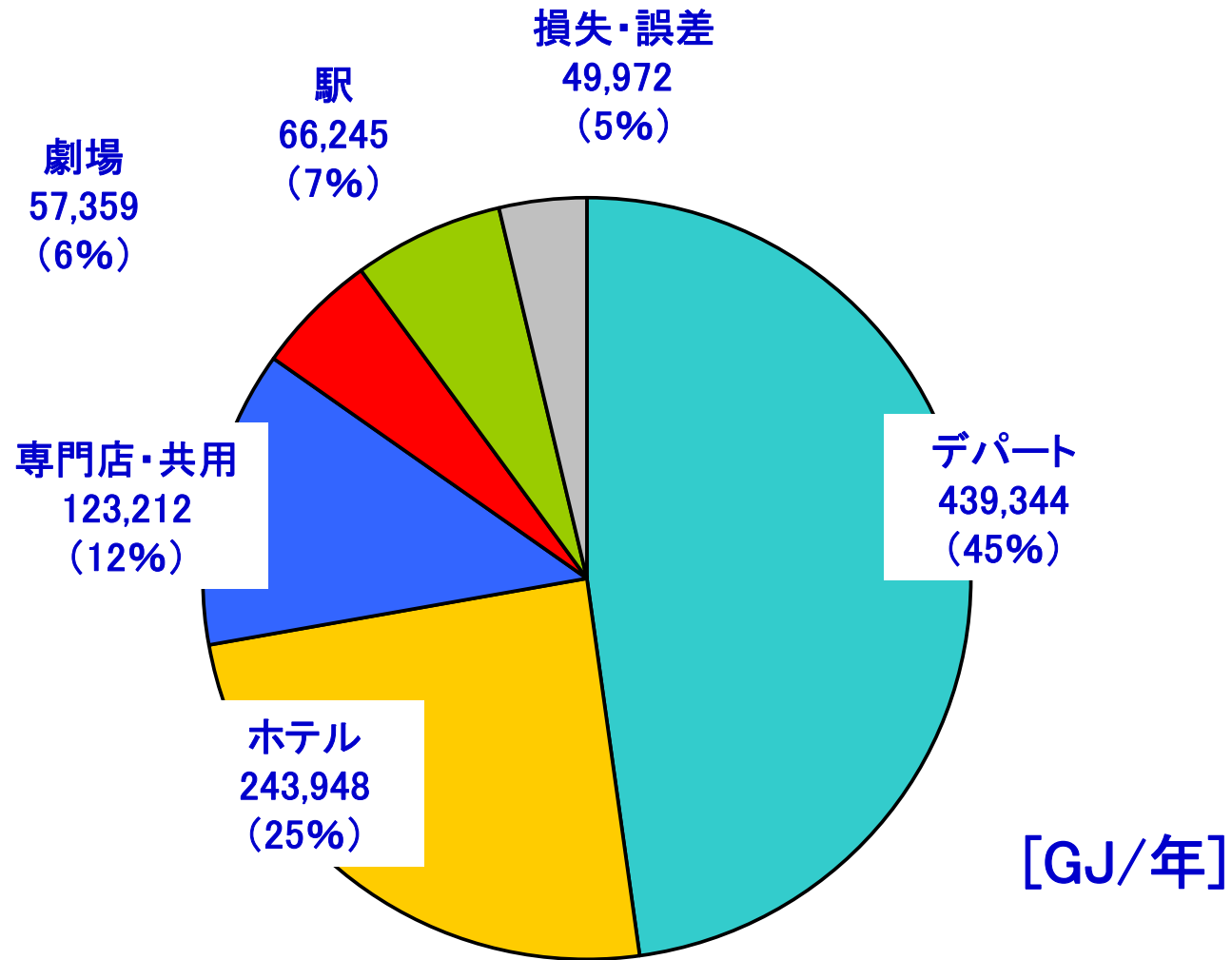
駐車場



- 温熱需要より冷熱需要が圧倒的に多い
- デパートとホテルが冷温熱エネルギー消費の大半を占める
- 冬期の冷熱消費、夏期の温熱消費が多すぎる？
- 特にデパートの夏季温熱消費は何か？

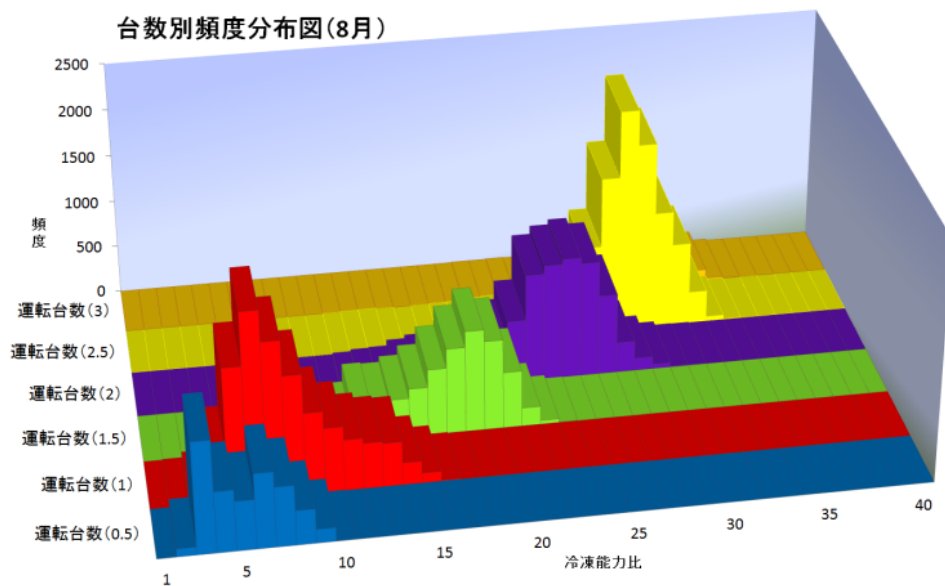


用途別年間エネルギー消費量

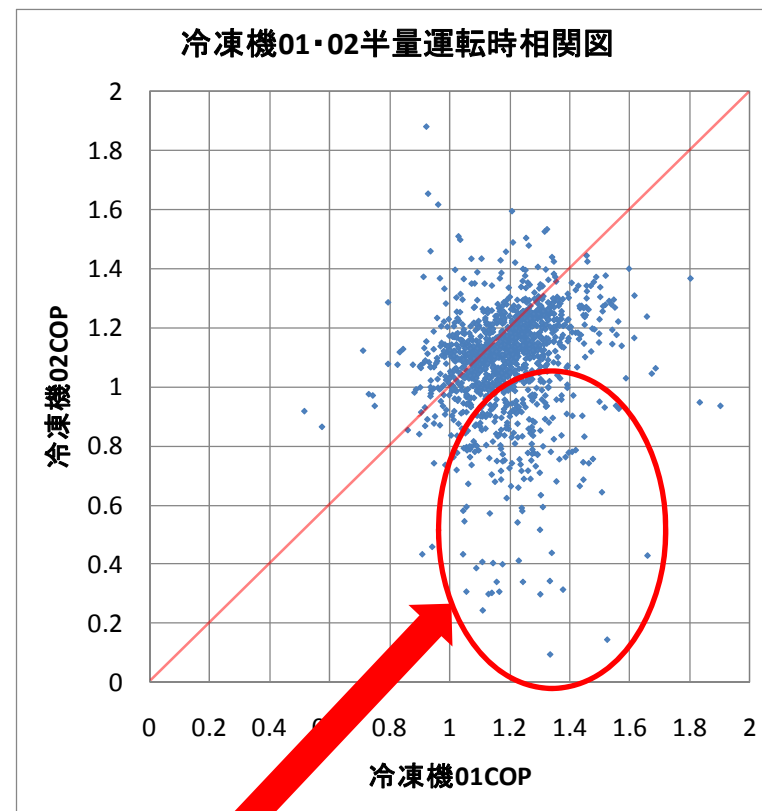


冷凍機の実績運転頻度分析

2台とも半量運転の場合	頻度
冷凍機01・02の時	1303
冷凍機01・03の時	27
冷凍機01・04の時	5
冷凍機02・03の時	1
冷凍機02・04の時	10
冷凍機03・04の時	314
全体	1687



冷凍機運転台数の頻度分布

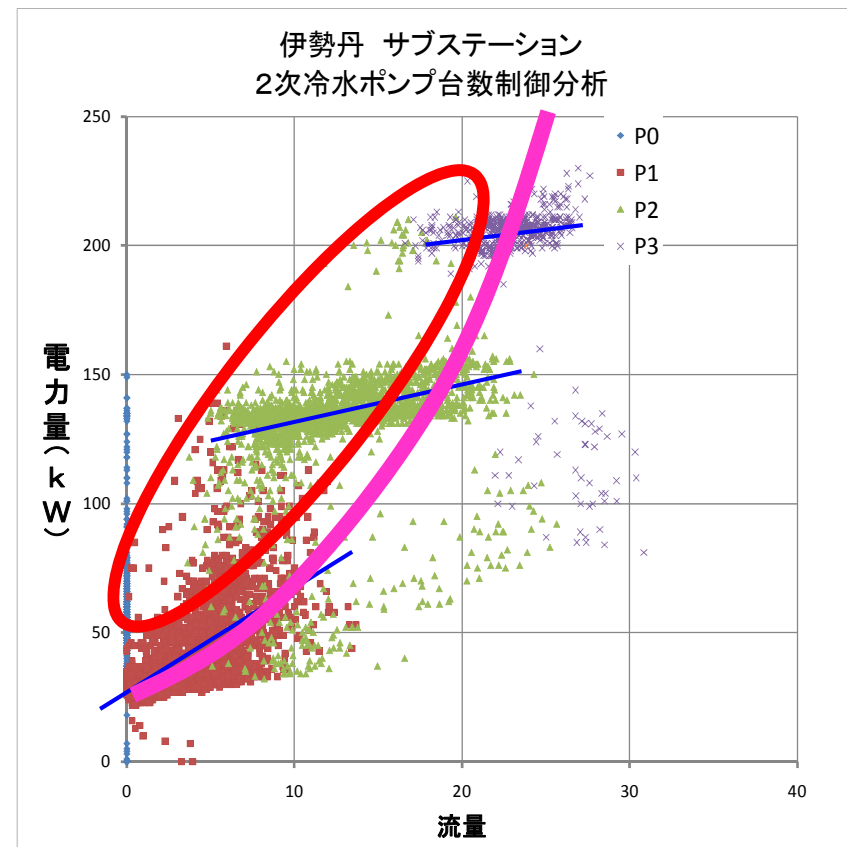
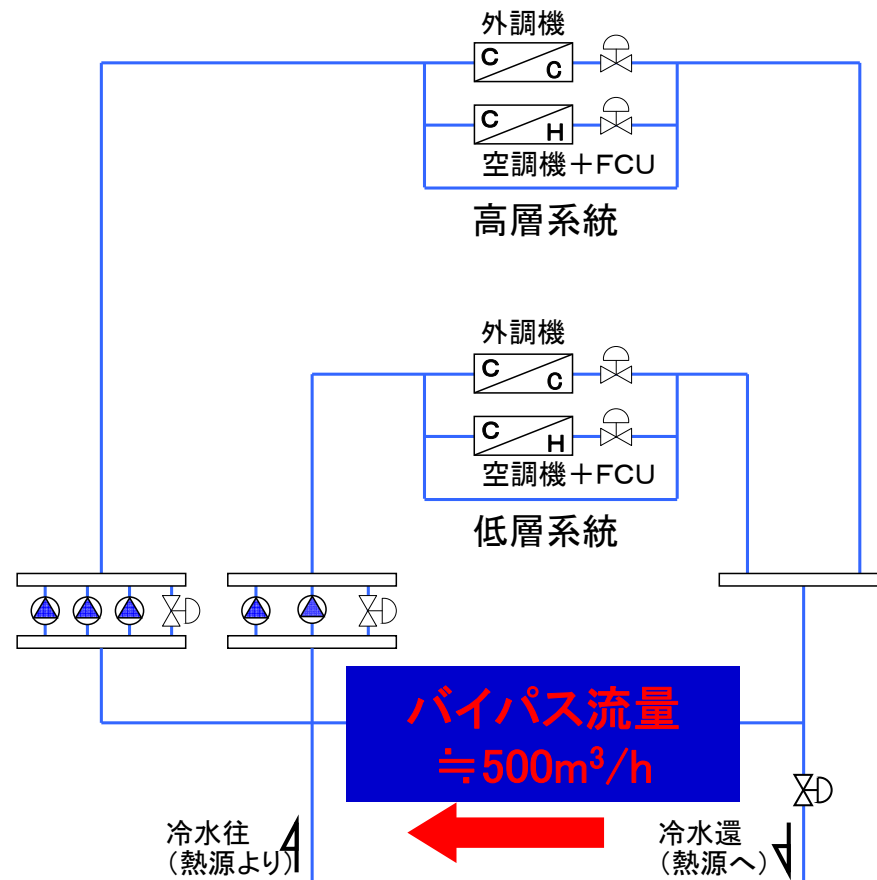


冷凍機NO.2の効率が低い

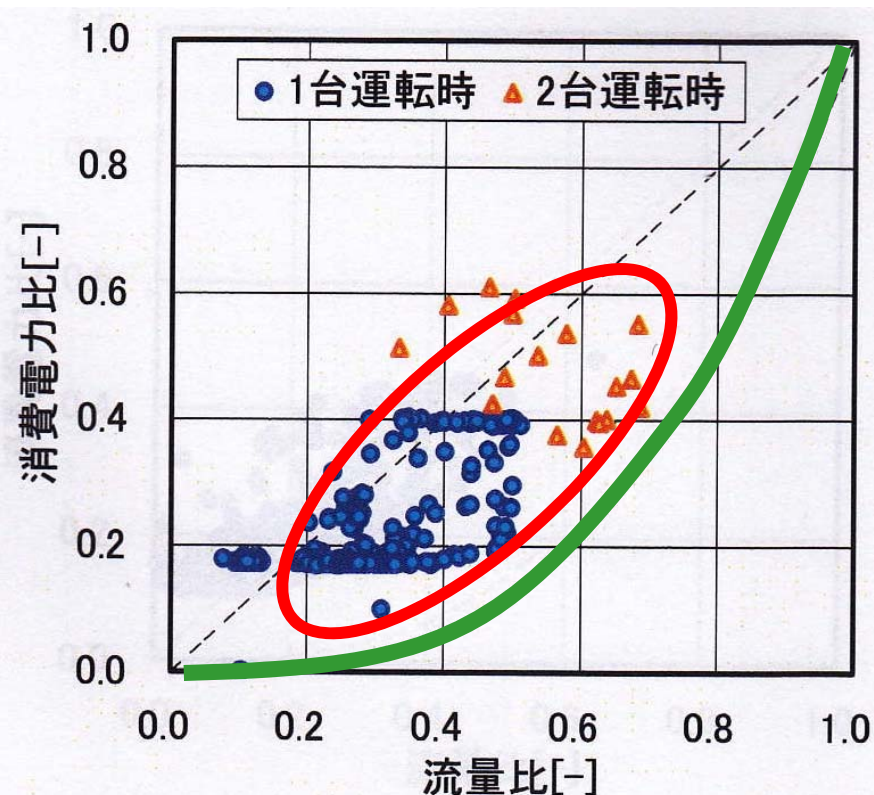
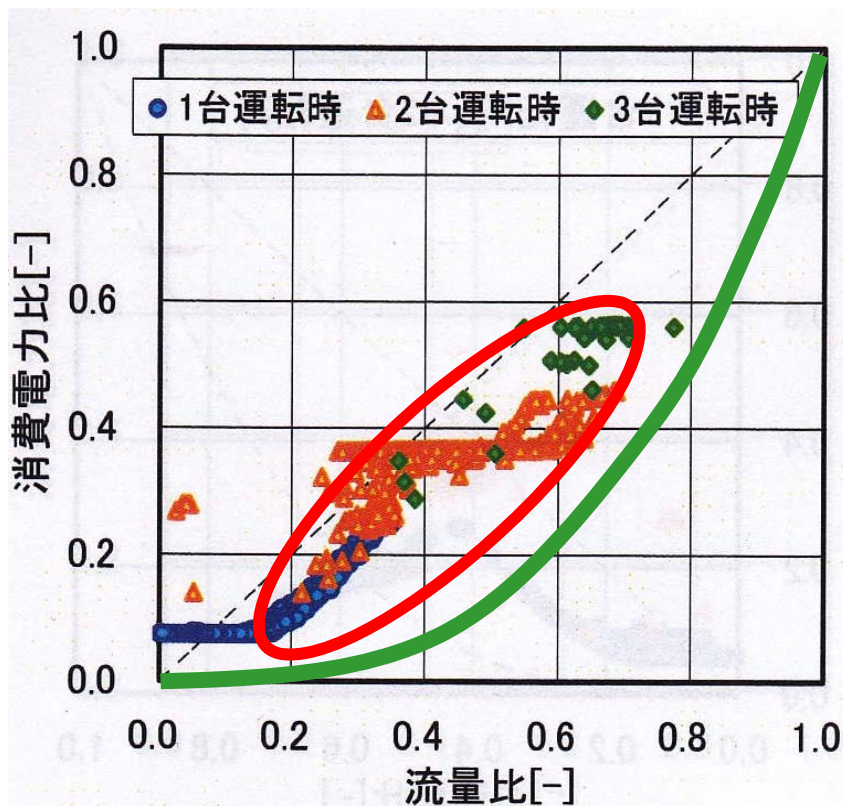
熱源の台数制御にも、コージェネレーションとの連携運転にも不具合があり、総合熱効率が低い

ポンプ台数制御

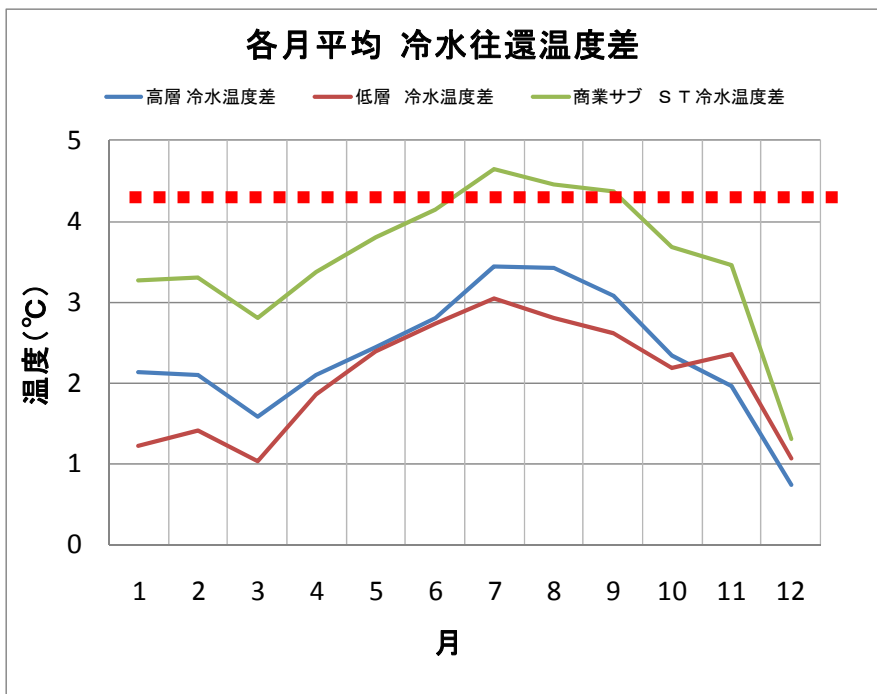
- 過去の改修により省エネルギー目的でインバータが導入されたが、現状のポンプ台数制御は適切な電力削減ができていない。
- ブリードイン制御という特殊な制御が問題を複雑化している。



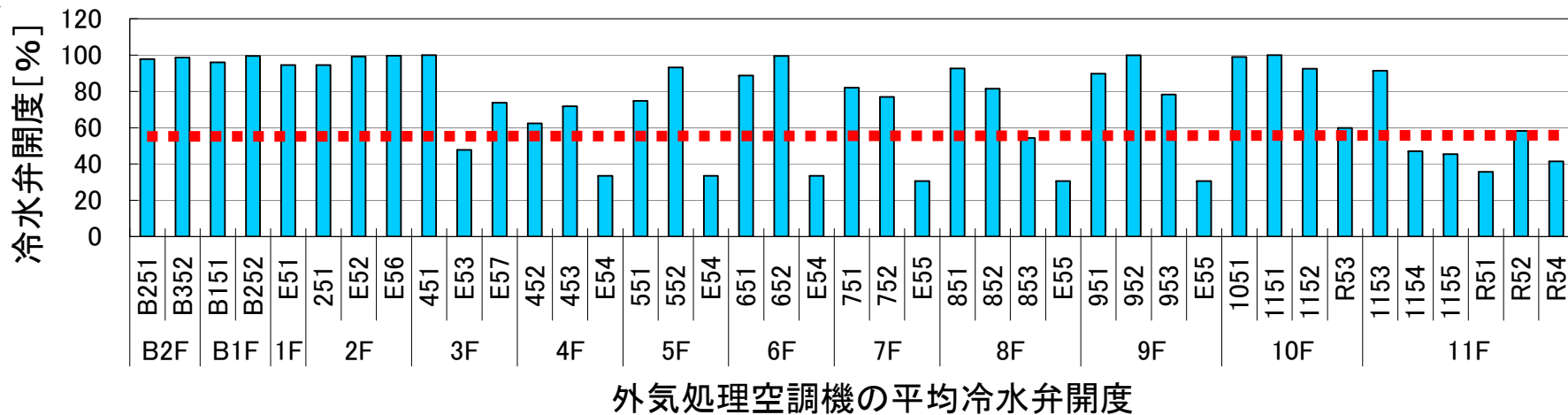
- 京都駅ビルに限らず、他の建物でも同様の問題は多数発生している。
- 下記の他のビルの例からも判るように、現実には緑の理想的な消費エネルギーをかなり上回るケースが常態化している。
- 一般にポンプ台数制御には色々な不具合があり、共通の課題である。特に可変速と固定速ポンプの併用には問題が多い。



デパート空調機の冷水往還温度差

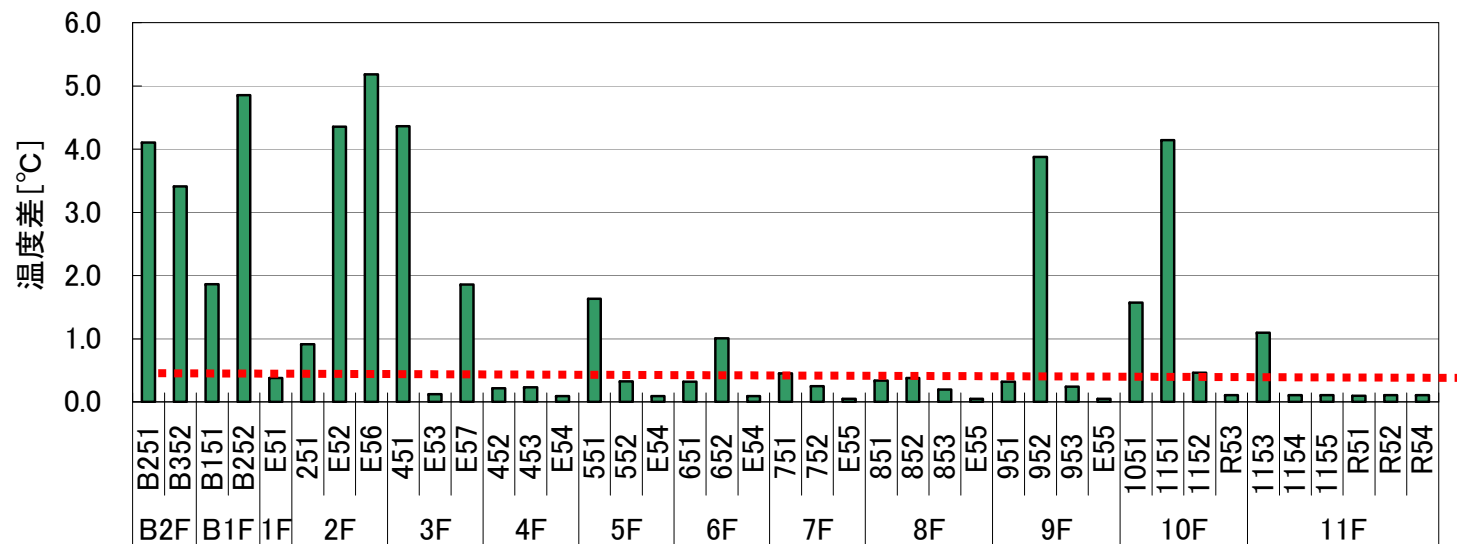


- 冷房能力不足となるゾーンがある
- ↓
- 異常に低い室温設定がなされている
- ↓
- 多くの制御弁が全開となる
- ↓
- 冷水往還温度差が設計値5°Cに比して、1.5~3.5°Cとかなり小さい
- ↓
- 搬送動力が無駄となる**



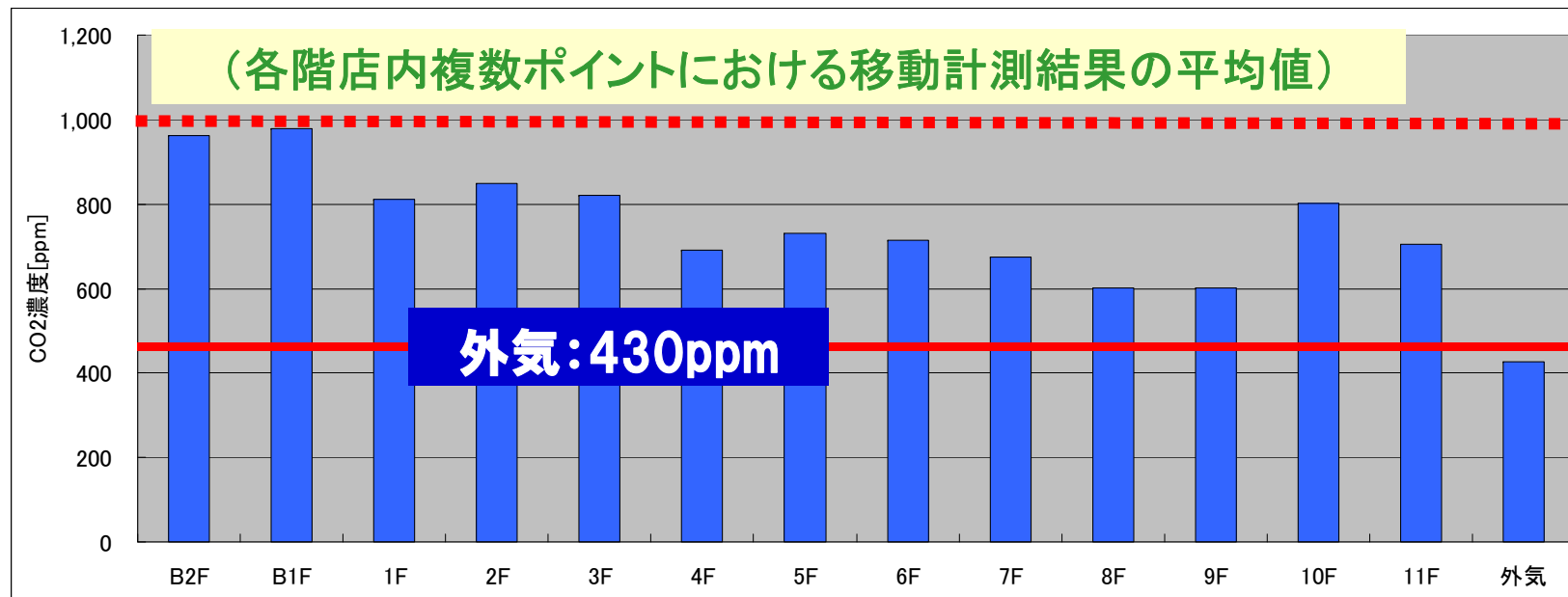
外調機の給気温度制御状態

- 給気温度設定値と実測値に2°C以上の差があれば、制御が達成されていないと見れば、制御できていない系統が8/41 (=20%)ある。
- 温度差が異常に小さい？
 - この現象も多くのシステムでよく見られる問題である
 - 本物件ではブリードイン制御によって冷水の温度上昇も誘発され、ますます搬送動力が増えている



デパート店内CO₂濃度の測定

- 設計による外気取入風量を70%程度に減じているが、それでもCO₂の濃度基準値である1000ppmと比べてかなり余裕がある。
(B2・B1階のCO₂濃度は高めであるが、4階～9階のCO₂濃度はかなり低めである)
- 外気取入量の削減による省エネルギー余地がある
- 測定結果からCO₂濃度制御の採用による省エネルギー量の試算ができる





2. BEMSデータ分析の課題

データ処理方法の課題

- 通常、ここで例示したような現状分析は、Excel などのスプレッドシートソフトで処理される。
- 理論上は何千ポイント程度の測定データであってもスプレッドシートソフトで処理することができるが、実際には以下のような問題があり膨大な作業になったり、非効率になったりする。
- 大量のデータ処理ではスプレッドシートソフトが**スピーディーに稼働しない**。
- BEMSデータは非常に**多数のファイルに分散**して格納され、**取得期間も重複したり欠損したり**していることが多く、スプレッドシートソフトで処理し、信頼できるデータベースを作成するには**人的判断を伴う多大な作業が発生**する。
- 一般に、BEMSのデータも過去の設計情報、改修情報も**デジタル化・文書化して整理・保管されていない**ため、省エネルギー分析には多大な労力が必要になる。

データ処理方法の課題

- プロジェクトによっては、何千点もある多数のデータから必要なデータポイントを抜き出すことは簡単ではなく、**必要データを抜き出すだけで多大な時間がかかる。**
- 24時間の平均値、空調稼働時間帯だけの平均値、ある月の時刻平均値などが分析上必要となることもあるが、**これらを算出しようとする操作は簡単ではなく、マクロ計算などの高度な知識が必要となる。**
- 機器の効率分析には1分サンプルのデータを用いて分析したいこともあるが、そうすると一挙に**データ量が増えてハンドリングに多大な時間がかかる**ことも多い。
- マクロ機能を使えば処理できる作業は多いが、マクロ機能が駆使できる技術者は多くない。

データ処理方法の課題

- マクロ機能を用いるなら、より多くの**便利なソフト選択枝**がある。
- グラフによる分析機能は有用であるが、課題ごとに新たなグラフを作成することは非効率であり分析速度が遅くなるし、スプレッドシートソフトの**グラフ機能は操作性がいいとはいえない**。

データ分析方法以外の課題

- 不具合を発見するだけでは問題は解消しない。省エネルギー達成のためには、不具合を診断しそれらの不具合を直せば、**どれほど省エネルギーになるかという推定が必要**である。
- 性能が不十分なのは、設計や施工の問題だけではなく、**当初の想定とは異なる使用方法や条件で運用されている**ことも一因である。
- 不具合とはいえない状況であっても、より**最適に運転する**手法を見出すことは更に高度で重要な課題である。
- 運転管理者は不具合が見つかることは嬉しいことではなく、大きな省エネの問題点でなければ、**そっとしておきたい**。
- ビルオーナーはこうした分析作業（**コミッショニング**）に**費用を投じないという現状がある**。

！！ データ分析を効率化するための汎用ツールが必要である



3. シミュレーションを活用したコミッショニング

- 実システムをシミュレーションツールでモデル化して設計性能を分析し、**適正なシステムを見出す**

以下はまだ余り一般的でない

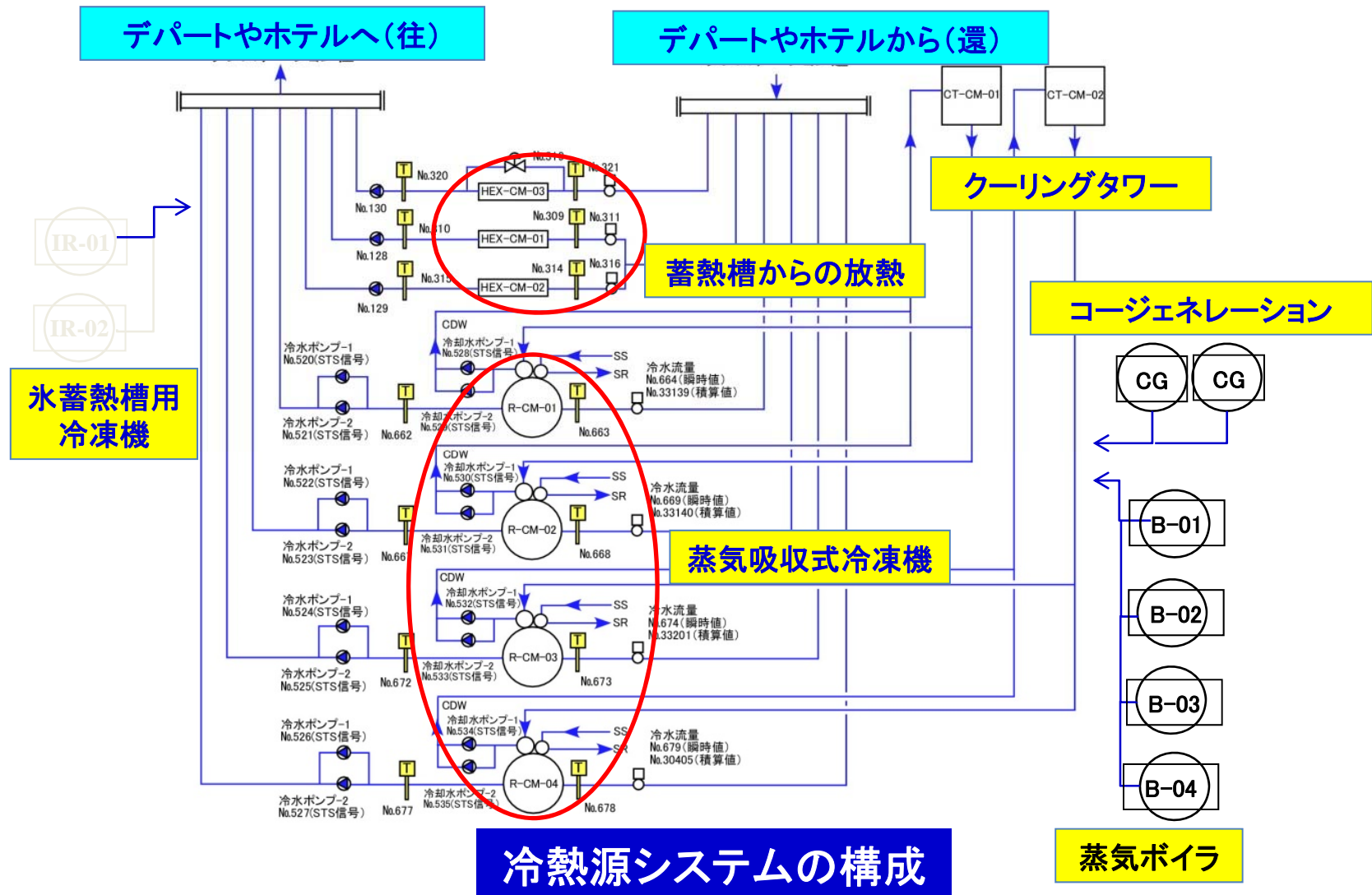
- **不具合を見つけ**(検知)、その原因(診断)を特定する
- 不具合の解消による**省エネルギー量の推定**をする
- **最適な運転方法**を見出す

- 設計用のシミュレーションツールで実記録データとシミュレーション結果とを合わせることは、難しいことが多い。

どんなツールが必要か(要求)

- 気象条件、運転スケジュール、使用条件などを**現実に適合させる仕組み**が必要である。
- **制御ロジック**はシステム特有の調整がなされている。これを再現する機能が必要である。
- シミュレートした結果を**実測値**と必要に応じて臨機応変に**比較できる環境**が有用である
- 本検証では、筆者の研究室で開発しているACSES/CxというMATLAB/Simlinkベースのシミュレーションツールを利用した。

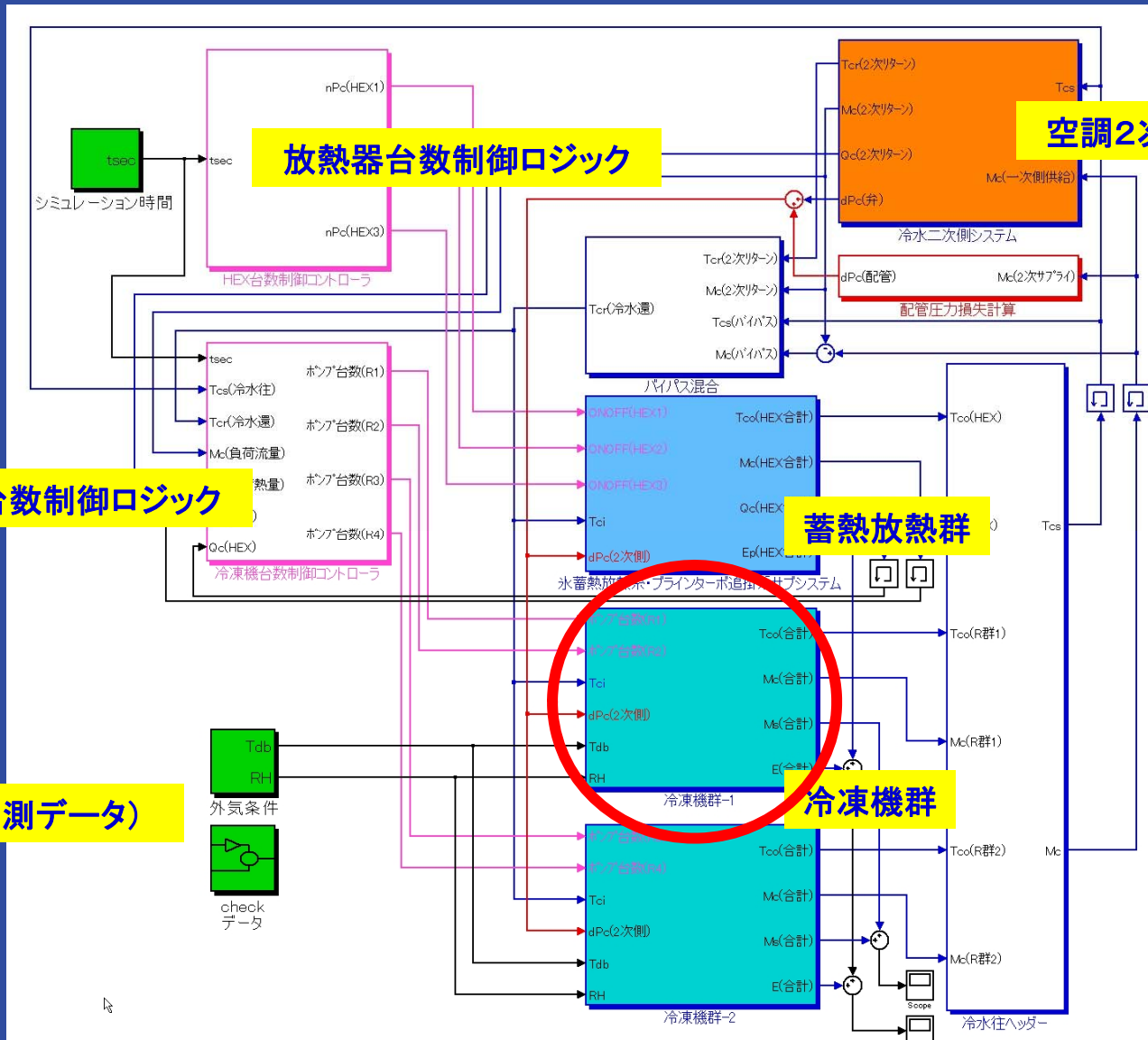
熱源システムの性能分析



冷熱源システムの構成

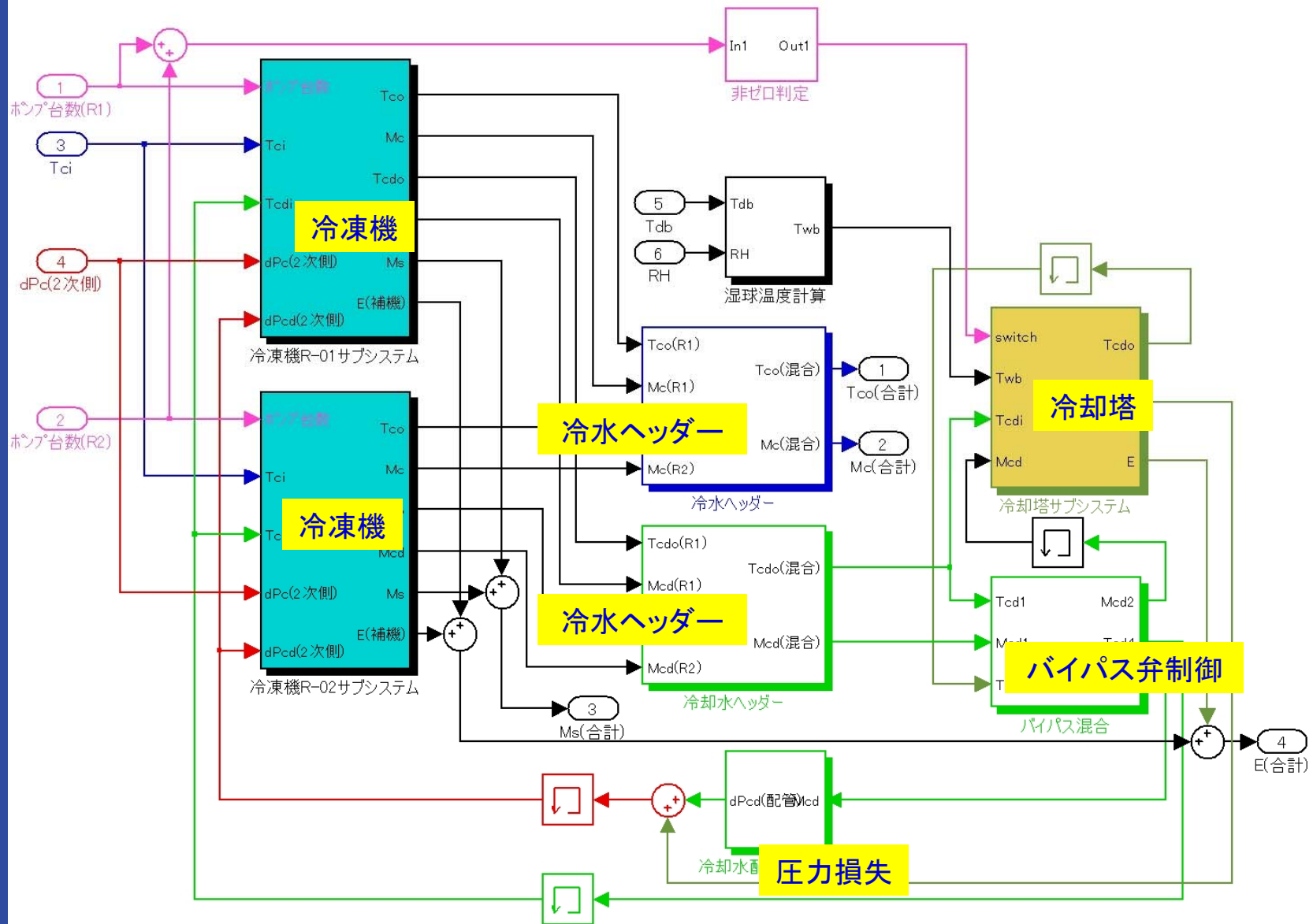
蒸気ボイラ

熱源のシミュレーションモデル



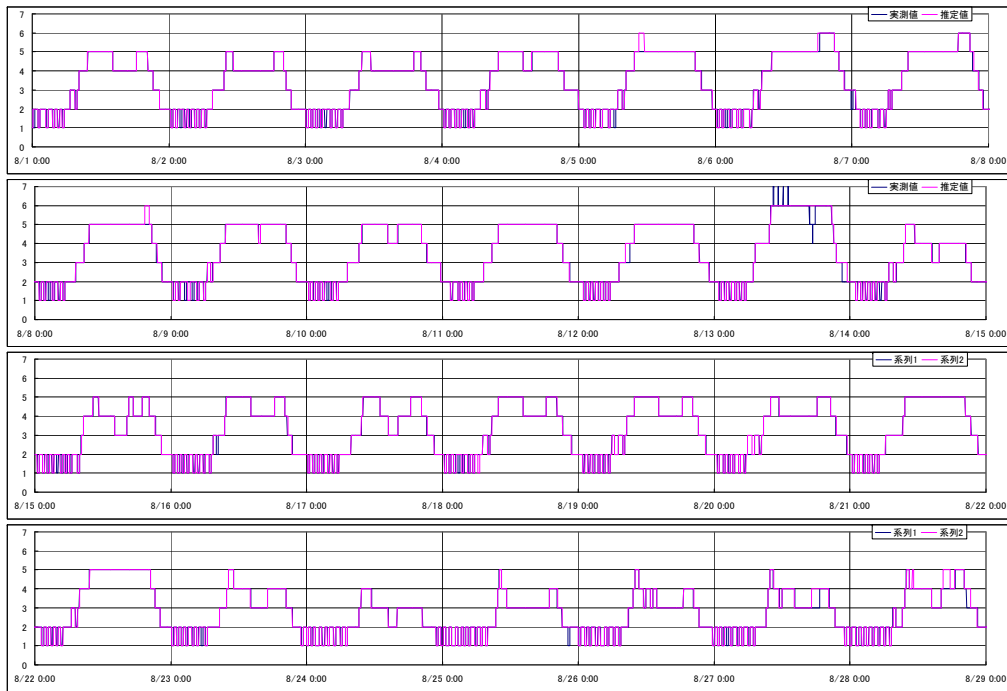
MATLAB/SIMLINKで開発したシミュレーション環境

冷凍機群サブシステムのモデル



吸収式冷凍機の運転台数と蒸気消費量の推定精度検証

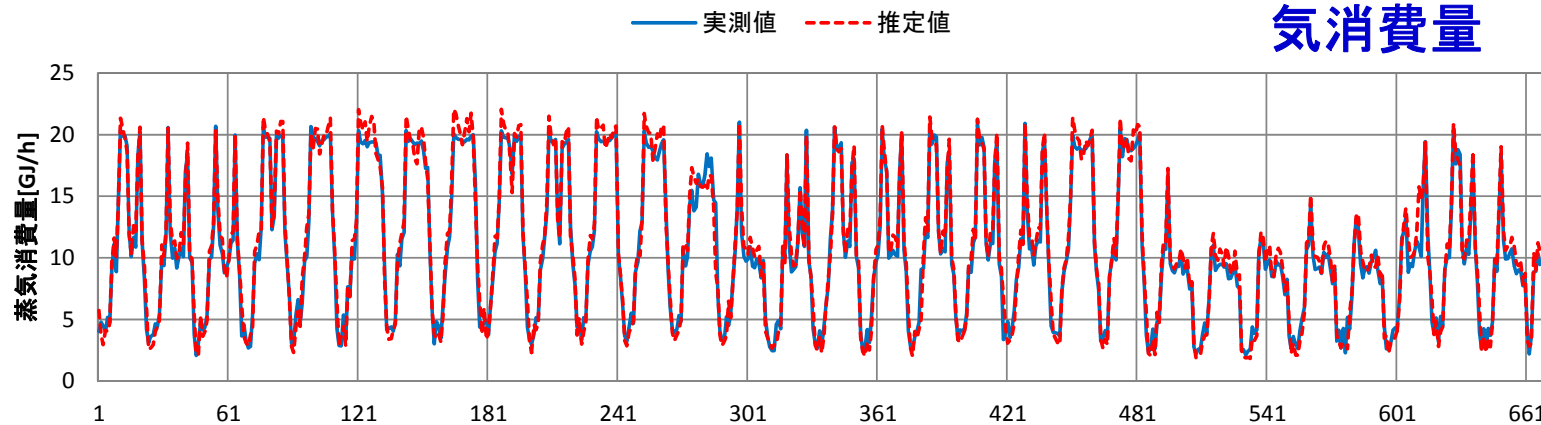
例



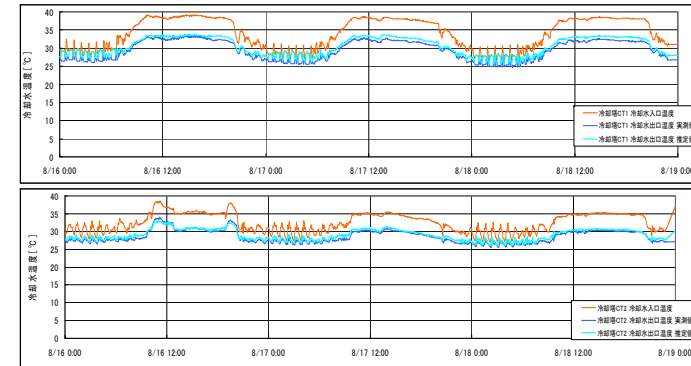
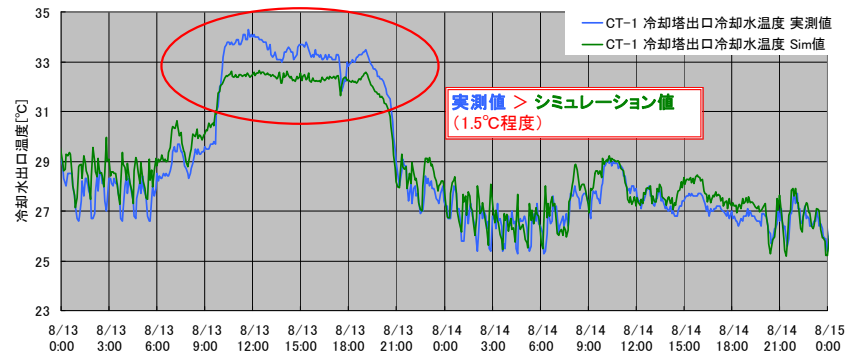
← 冷凍機運転台数

R2蒸気消費量積算値[GJ/h](8月)

冷凍機No.2の蒸気消費量



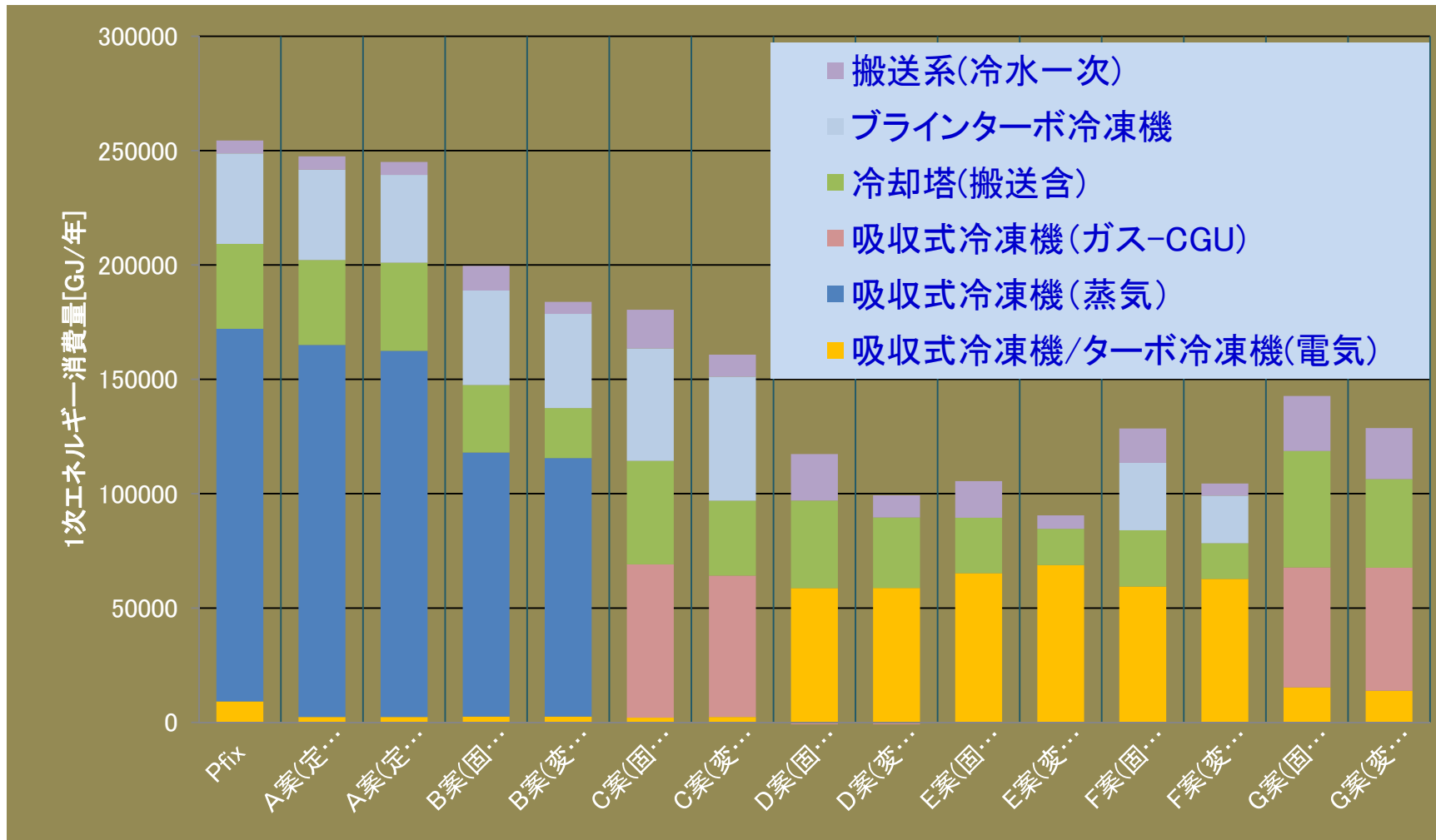
例



← 充填材の目詰まり

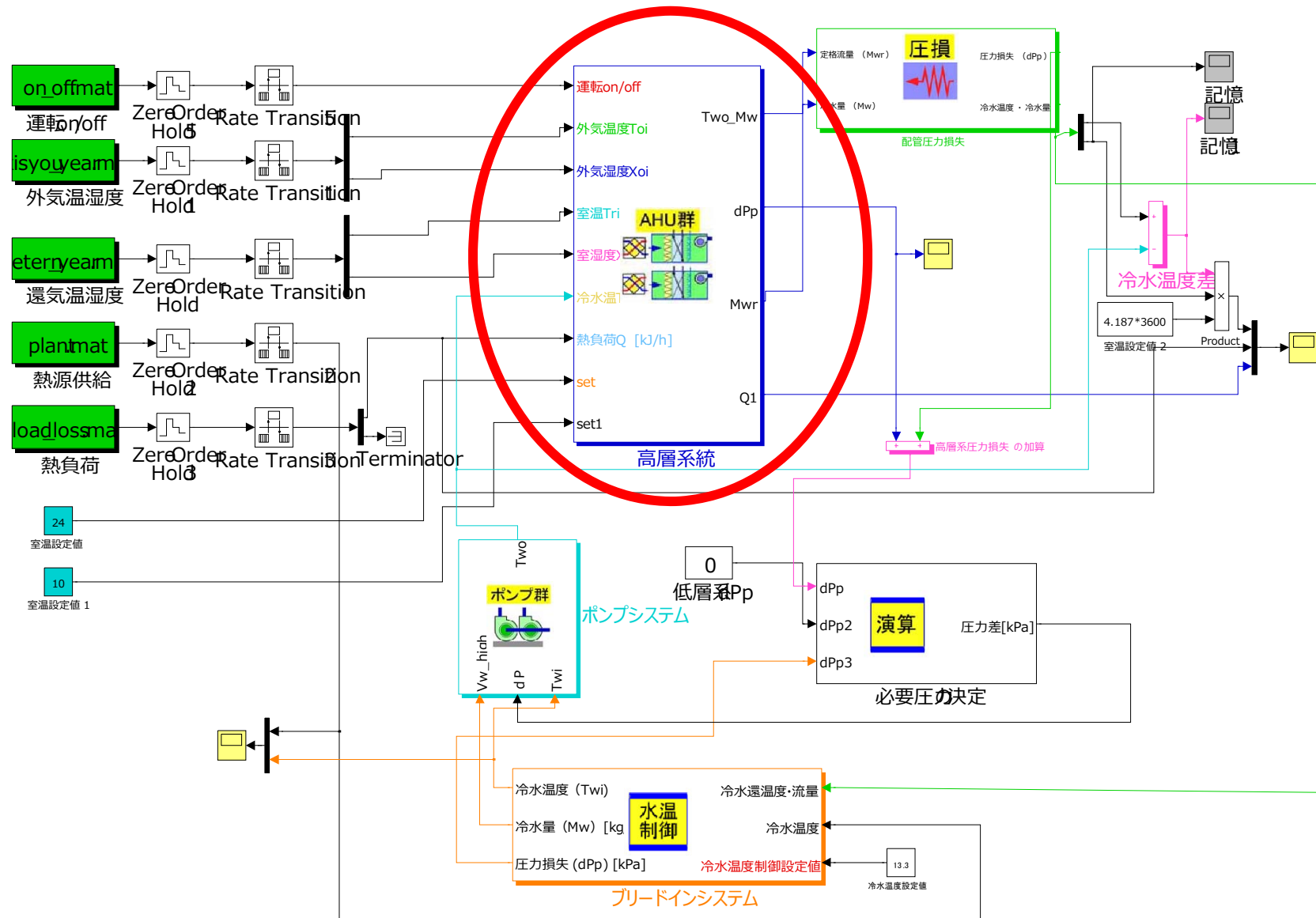
- 冷却塔の冷却水出口水温はシミュレーションより2°Cほど高く、これは充填材がかなり目詰まりしているためであることが判った。
- 定格より25%の風量減少とすると実測と合致した。これより、目詰まりがなくなると、どの程度の省エネルギーになるか試算できる。
- シミュレーションモデルは不具合検知や不具合の解消による効果推定にも対応できる精度が必要である。

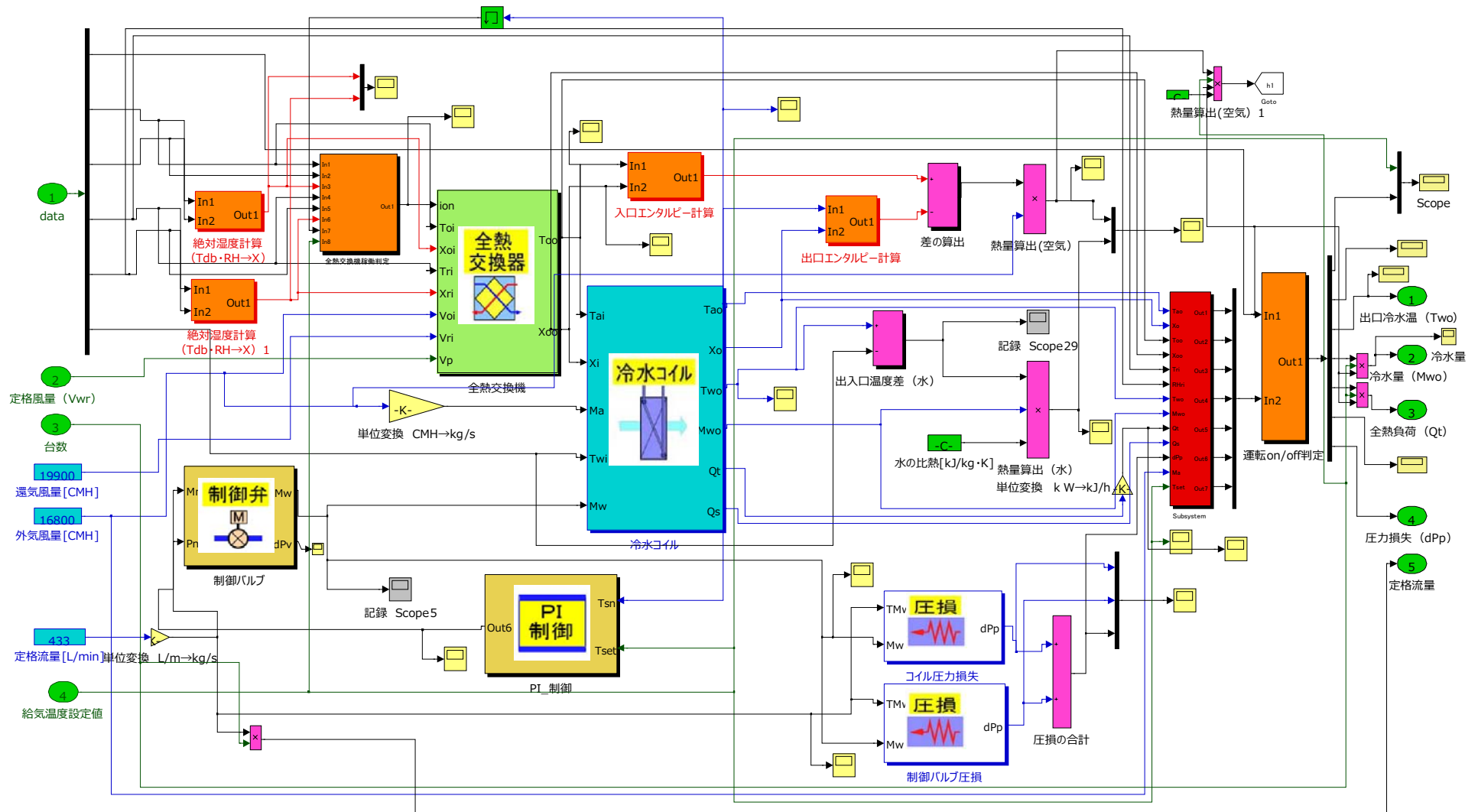
例

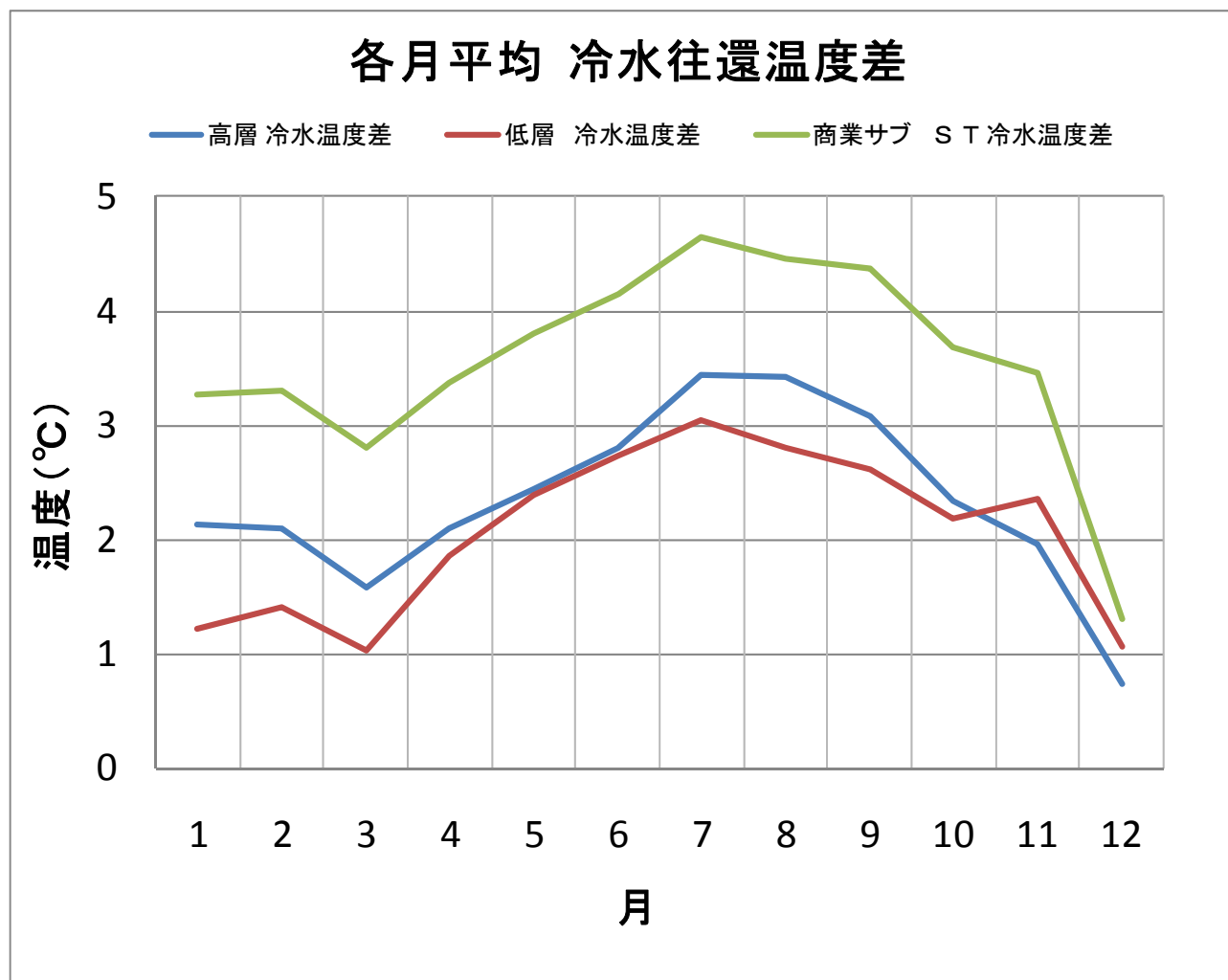


- 様々な熱源システムの省エネルギー可能量をシミュレーションにより試算
- 現状より60%減という省エネルギーも可能であることが判った。

デパート2次側システムのシミュレーションモデル

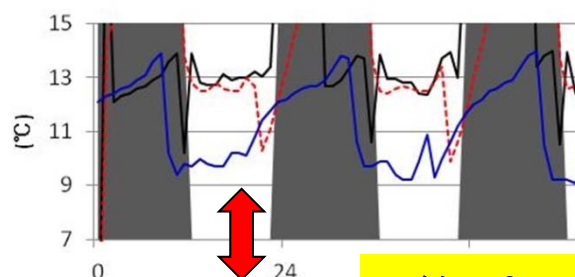
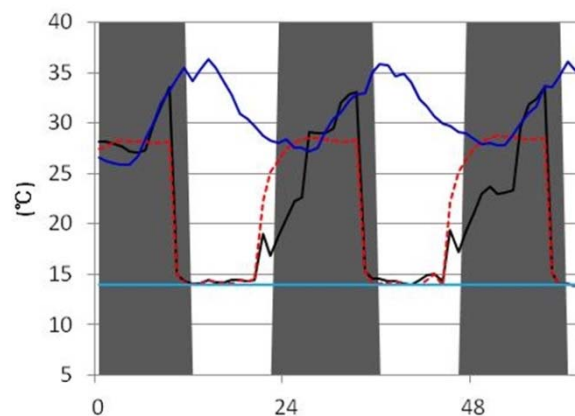




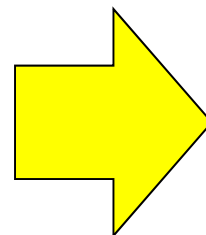


現状

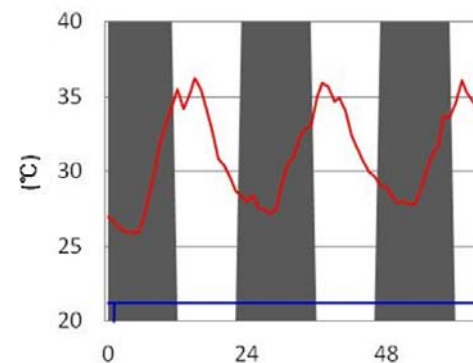
冷水往還温度差の改善分析



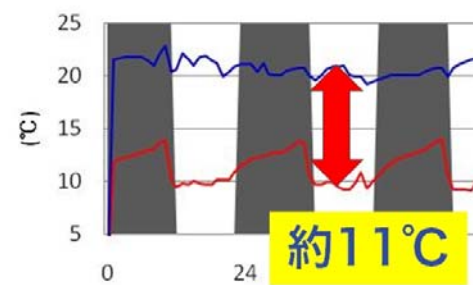
約3°C



改善



冷水温度 制御



約11°C

- 現在の給気温度制御設定値(15°C)を設計値(21.2°C)にすれば冷水の往還温度差3°Cが11°C程度となることがシミュレーションで確認できた。
- これから、搬送動力の削減量が推定できる。



結 語

- 既存ビルである京都駅ビルの空調熱源改修プロジェクトにおいて、企画段階のコミッショニングを実施した結果から、データ分析とシミュレーションによる性能検証の結果の一部を紹介した。
- 多量のBEMSデータを、一般的な利用方法によるスプレッドシートソフトで分析することは限界があるため、分析をスピーディーに行うツールの開発が望まれることを実感した。今後BSCAでこうしたツールを開発し公開して行くことが必要と感じる。
- シミュレーションは現システムの不具合検知・診断にも役立つが、現システムの性能と制御アルゴリズムを精度良く反映することが必要である。また、シミュレーション結果と実測データを臨機応変に比較検証できることも要請される。コミッショニング用のシミュレーションソフトはこうした機能が不可欠である。今回用いたACSES/Cxはこういうニーズに対応出来るシミュレーションソフトである。
- 今後、既存ビルの改修プロジェクトが増えるといわれているので、本例のようなコミッショニング過程の重要さは増すであろう。